

O uso da análise de risco no estudo da viabilidade econômica e compensação por créditos de carbono em sistema de agricultura familiar.

Wander da Conceição Silva¹ e Alan Cavalcanti da Cunha²

1. Bacharel em Direito, Mestre em Direito Ambiental e Políticas Públicas, Brasil. E-mail: wander.silva@uol.com.br

2. Doutor em Engenharia Civil, com Ênfase em Hidráulica e Saneamento, Brasil. E-mail: alancunha@unifap.br

RESUMO: O objetivo da investigação foi analisar a viabilidade econômica e estimar a compensação por créditos de carbono do custo de oportunidade de sistema de uso da terra em área de floresta destinada à agricultura familiar. Desta forma, foi utilizado o sistema de modelagem @RISK como ferramenta para executar uma série de análises de risco por meio da simulação de Monte Carlo (SMC) que permite rastrear potenciais cenários futuros. O método se baseia em informações das probabilidades e riscos associados a cada cenário em situações de incerteza. O modelo foi aplicado ao sistema de cultivo e extração de açaí para produção de frutos em áreas de várzea. Os resultados indicaram que o sistema avaliado apresentou viabilidade econômica, excelente rentabilidade e baixo risco. No cálculo foram consideradas as florestas naturais não destinadas à área de preservação permanente (APP) ou reserva legal (RL) utilizadas pela agricultura e empreendimentos familiares no município de Mazagão, Estado do Amapá. Estas áreas podem ser mantidas em pé através de incentivos econômicos aos proprietários, em que o pagamento por serviços ambientais (PSA), inclusive na modalidade redução de emissões por desmatamento e degradação (REDD+), assume um papel importante quanto às emissões evitadas e conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: Simulação Monte Carlo, REDD+, pagamento por serviços ambientais, uso da terra, várzea.

ABSTRACT: The objective of this research was to analyze the economic viability and estimate the compensation for carbon credits in the opportunity cost of land use system in forest areas designed for family agricultural. Thus, we used modeling with @RISK software, computational tool that performs risk analysis scenarios using Monte Carlo simulation. The method is based on information of probabilities and risks associated with each scenario in situations of uncertainty. The model was applied to the system of cultivation and extraction of açaí fruit production in lowland areas. The results indicated that the system had evaluated the economic feasibility, high profitability and low risk. We considered in calculating the natural forests for the permanent preservation areas (PPA) or legal reserve (LR) used for agriculture and family businesses in the city of Mazagão, State of Amapá. These areas can be kept through economic incentives to the owners, for example the payment for environmental services (PES), including reducing emissions from deforestation and degradation (REDD +), that plays an important role especially regarding avoided emissions and biodiversity conservation.

Keywords: Monte Carlo, REDD +, payment for environmental services, land use, floodplain.

1. Introdução

Valor econômico dos serviços ambientais

O conceito de serviços ambientais tornou-se importante para vincular o funcionamento dos ecossistemas com o bem-estar humano. Compreender este vínculo é fundamental para uma gama de contextos de tomada de decisão (FISHER et al., 2009).

Para Liu et al. (2010) o conceito de serviços ambientais mudou o paradigma de questões como a visão da natureza para as sociedades humanas. A preservação da natureza como sacrifício do bem-estar para a percepção do

meio ambiente como capital natural. A questão da valoração ambiental é inseparável das escolhas e decisões sobre os serviços ambientais (COSTANZA et al., 1997).

Segundo Helm e Pearce (1990) os bens ambientais em sua maioria não são comercializados. A tarefa da economia ambiental é, portanto, de adaptar a ferramenta teórica para estabelecer uma estrutura integrada de análise e desenvolvimento de instrumentos de avaliações sobre os ativos ambientais e, desta forma, desenvolver políticas adequadas.

Para Motta (1997) valorar um recurso ambiental é estimar monetariamente este

recurso em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia. Para esta estimativa uma análise de custo-benefício poderá ser utilizada considerando que os custos e benefícios serão, respectivamente, o somatório dos valores monetários dos gastos e das receitas.

Nesta linha surge o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), cujos fundamentos teóricos foram criados há várias décadas derivados do teorema de Coase, 1960. Coase descreveu que em condições ideais, sem custos de transação, uma negociação entre as partes envolvidas em uma externalidade, poderia alcançar um resultado desejável através da negociação voluntária, sem necessidade de intervenção do governo (LOEHMAN, 2009). No entanto, a aplicação prática para a gestão dos recursos naturais começou muito recentemente (KOSOY et al., 2007).

As externalidades são as principais falhas de mercado que levam aos problemas de degradação ambiental. As externalidades podem ser positivas ou negativas conforme seus efeitos em terceiros sejam prejudiciais ou benéficos (SOUZA, 2000).

Segundo Mayrand e Paquin (2004) o PSA é uma dessas novas abordagens que procuram apoio nas externalidades ambientais positivas através da transferência de recursos financeiros dos beneficiários de certos serviços ambientais para aqueles que prestam esses serviços.

Conforme Grammatikopoulou et al. (2013) um esquema de PSA pode variar de acordo com o tipo do bem ou prestação de serviços, bem como dos agentes envolvidos, compradores e vendedores. Também pode variar de acordo com o tipo de comprador, ou seja, público ou privado, e também pelo tipo de pagamento fixo ou flexível.

De acordo com Wunder (2007) o PSA tem se baseado nos custos de oportunidade, ou benefícios renunciados. No entanto, nos casos em que os custos de oportunidade forem altos, deve-se avaliar se o PSA é a melhor solução para a conservação do meio ambiente ou se não seria mais apropriado aplicar outras formas de incentivos econômicos.

O PSA tem o potencial de ser mais eficaz e eficiente do que as estratégias de comando e

controle, pois tais estratégias se baseiam na existência de recursos institucionais e financeiros, que são muitas vezes inexistentes nos países em desenvolvimento e desta forma não têm eficácia devido à debilidade do sistema de fiscalização ambiental e descumprimento generalizado da lei (MAYRAND; PAQUIN, 2004).

Segundo Hecken e Bastiaensen (2010), o usuário da terra agora é visto não como um poluidor, mas sim como um prestador de serviços em que os serviços ambientais representam uma oportunidade à sua carteira de produção em conjunto com outros produtos ou como um serviço que é gerado de forma independente.

Vale ressaltar que a dedicação aos incentivos positivos não implica a ausência de incentivos negativos, no âmbito do PSA. Os incentivos negativos também podem surgir a partir de esquemas de PSA através da coerção, da pressão social de membros da comunidade, ou mesmo através de multas regulamentares e punições (SOMMERVILLE et al. 2009).

Em se tratando de Amazônia brasileira, Dias (2013) descreve que no Estado do Acre encontra-se em fase inicial o programa Incentivos por Serviços Ambientais associados com Carbono, ou ISA Carbono, que inclui procedimentos de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+) abrangendo todo o território do estado (164.221 km²), incluindo Unidades de Conservação (UC) federais e estaduais. Esta experiência em curso no País demonstra o grande potencial dos serviços ambientais que podem ser gerados, pelo menos nas unidades de conservação brasileiras.

Neste aspecto, o Estado do Amapá tem papel relevante, pois possui uma grande faixa de áreas de florestas e pode contribuir positivamente na conservação florestal, na mitigação da mudança climática, na compensação aos povos da floresta e no financiamento do desenvolvimento sustentável (SILVA, 2011).

O REDD + é definido como um conjunto de políticas e ações implementadas para prevenir ou retardar o desmatamento e degradação, bem como incentivar o

crescimento dos estoques de carbono florestal (GROOM; PALMER, 2012). A valorização dos estoques de carbono florestal foi inserida para recompensar aqueles cuja cobertura florestal está mais protegida, devido à conservação e a gestão sustentável (THOMPSON et al. 2010). Este argumento é de que se os países com elevado nível de cobertura florestal e baixo nível de desmatamento não receberem para proteger seus estoques, haverá um incentivo perverso para derrubar florestas em prol de opções mais lucrativas (PARKER et al. 2008).

Essencialmente, o REDD+ deve criar incentivos para os países em desenvolvimento para proteger e gerenciar melhor seus recursos florestais, através da criação e reconhecimento de um valor financeiro para o adicional de carbono armazenado nas árvores ou não emitido para a atmosfera (CORBERA; SCHROEDER, 2010).

Segundo Pokorny et al. (2013), hoje o REDD + está cada vez mais vinculado a metas de desenvolvimento e explicitamente aos benefícios para os povos rurais da floresta, e desta forma, garantindo a proteção dos habitats culturais e étnicos, a prestação de serviços ambientais locais, e, o mais importante, a geração de emprego e renda.

Durante a conferência climática de Copenhagen em dezembro de 2009, houve um consenso de que certas garantias devem ser respeitadas na implementação de mecanismos de REDD+. Entre elas estão o respeito aos direitos e conhecimentos dos povos da floresta, ou seja, indígenas e comunidades locais (VOIVODIC et al. 2010).

Segundo Sikor et al. (2010), é possível considerar três princípios gerais para o reconhecimento dos direitos dos povos da floresta em futuras ações de REDD+: a participação dos povos da floresta na tomada de decisão política sobre seus próprios assuntos, a distribuição equitativa dos benefícios da floresta e o reconhecimento das experiências, da cultura e identidade desses povos.

Por outro lado, segundo Larson (2010), não há garantias de que as comunidades locais conservarão as florestas se tiverem mais direitos. No entanto, uma vez que os direitos são conquistados no papel, o trabalho real

começa nos processos de execução e nos desafios logísticos e de governança.

Peskett et al. (2008) ressaltam que muitos mecanismos de REDD+ irão criar uma nova forma de mercadoria comerciável, sob a forma de direitos de carbono. Estes podem influenciar o modo como a terra é gerenciada por longos períodos de tempo e de quem recebe os benefícios do REDD+.

As Políticas de REDD+ têm potencial para reformar o manejo florestal tropical e fornecer benefícios múltiplos, não afetando apenas as mudanças climáticas e conservação da biodiversidade, mas também os meios de subsistência de milhões de comunidades que dependem da floresta, indústrias extrativas e economias nacionais (PHELPS et al. 2012).

Risco e Incerteza

A incerteza reflete a falta de conhecimento, ou o nível de ignorância, sobre um determinado fenômeno que pode ser minimizado por medições adicionais ou mais estudos sobre tal fenômeno (WU; TSANG, 2004). As incertezas são muitas vezes ignoradas principalmente nos estudos de políticas públicas de questões controversas ou politicamente sensíveis (PATÉ-CORNELL, 1996).

Conforme Ross (2004), o risco pode ser definido como sendo a probabilidade de um evento discreto irá ou não ocorrer e pode ser considerado como uma estimativa do grau de incerteza.

Anderson et al. (2009) asseveram que os mais recentes estudos sobre o tema sugerem que a incerteza, além dos riscos, são importantes na precificação de ativos. Lennox et al. (2013) reforçam o argumento descrevendo que, em programas de conservação, a incerteza pode afetar a maximização dos lucros dos proprietários de terras.

Dentre os fatores relacionados ao processo produtivo, principalmente em pequenas propriedades agrícolas, citam-se as incertezas quanto à quantidade e frequência de chuvas (NEVES et al. 2011), custos de produção, preço de venda de produtos e taxas de juros (TAVARES et al., 2011). Também se

consideram, como fontes de risco de curto prazo e de incerteza, as mudanças nos preços das mercadorias e insumos, e também a variabilidade nos rendimentos devido ao clima, pragas e doenças (KANDULU et al. 2012).

Conforme Hildebrandt e Knoke (2011), as técnicas de avaliação financeira estão lentamente se introduzindo na gestão relacionada aos ecossistemas, pois a receita líquida positiva geralmente está em um futuro longínquo e incerto devido às incertezas e ao caráter (imprevisível!) de longo prazo, principalmente no setor florestal.

Assim, a maioria das abordagens em avaliação financeira está baseada em comparações de distribuições estimadas de probabilidade de possíveis resultados de investimentos. E um método rotineiramente utilizado para obter tais distribuições para tomada de decisão sob incerteza é o método de simulação de Monte Carlo (SMC).

Recomendado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) como um método para estimar a incerteza nos inventários de gases de efeito estufa (GEE) (PELTONIEMI et al. 2006), o método SMC tem sido amplamente utilizado no contexto da modelagem ecológica (WU; TSANG, 2004). Trata-se de um algoritmo computacional usado para avaliar as incertezas de um resultado em uma avaliação de risco (ALMANSA; MARTÍNEZ-PAZ, 2011).

Alguns pacotes de *software* comercial e livre estão disponíveis para método SMC, como por exemplo, @RISK (PALISADE CORPORATION, 2010). A vantagem do SMC é a sua aplicabilidade geral e que não impõe muitas hipóteses sobre distribuições de probabilidades e correlações (REFSGAARD et al. 2007).

Conforme Tamubula e Sindén (2000), o @RISK é uma *add-in* de *software* que atribui a capacidade de análise de risco para o Microsoft Excel, ou *software* de planilha eletrônica semelhante. O *software* permite ao usuário definir os valores das células na planilha como distribuições de probabilidade. A seleção de uma distribuição de probabilidades para cada

variável ou célula é difícil, mas a distribuição triangular tem sido amplamente utilizada.

O Custo de Oportunidade

Segundo Wunder et al. (2008) o custo de oportunidade é o valor perdido por não se optar por atividade econômica considerada lucrativa, em prol da conservação das florestas e que não existem modelos econômicos ou de simulação que permitam analisar os custos de oportunidade em âmbito regional, incluindo sistemas de produção com relevância para a agricultura familiar.

Nepstad et al. (2008) calcularam os custos de oportunidade de conservação na região amazônica utilizando retornos econômicos simulados, provenientes de atividades como o cultivo de soja, extração de madeira e pecuária. Os referidos autores também calcularam o preço em dinheiro a ser pago para compensar o custo de oportunidade da manutenção da floresta dividindo o custo de oportunidade pelo estoque de carbono florestal de uma determinada parcela de estudo.

Do mesmo modo, esta investigação tem por objetivos analisar a viabilidade econômica de um sistema de uso da terra em área destinada à agricultura familiar e estimar o valor monetário necessário para compensar o custo de oportunidade de tal sistema. Para tanto, quantifica os créditos de carbono no mercado voluntário, levando em consideração o longo prazo e a incerteza no retorno dos investimentos.

2. Material e métodos

Área de Estudo

Considerou-se como área de estudo o município de Mazagão, localizado no sul do Estado do Amapá, cuja área é de aproximadamente 13.131 km². De acordo com os dados de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) sua população foi estimada em 17.032 habitantes, o que resulta em uma densidade demográfica de 1,3 hab/km². Seus limites territoriais são Pedra Branca do Amapari e Porto Grande ao norte, Santana a nordeste, a foz do rio Amazonas a

sudeste, Vitória do Jari ao sul e Laranjal do Jari a oeste (Figura-1).

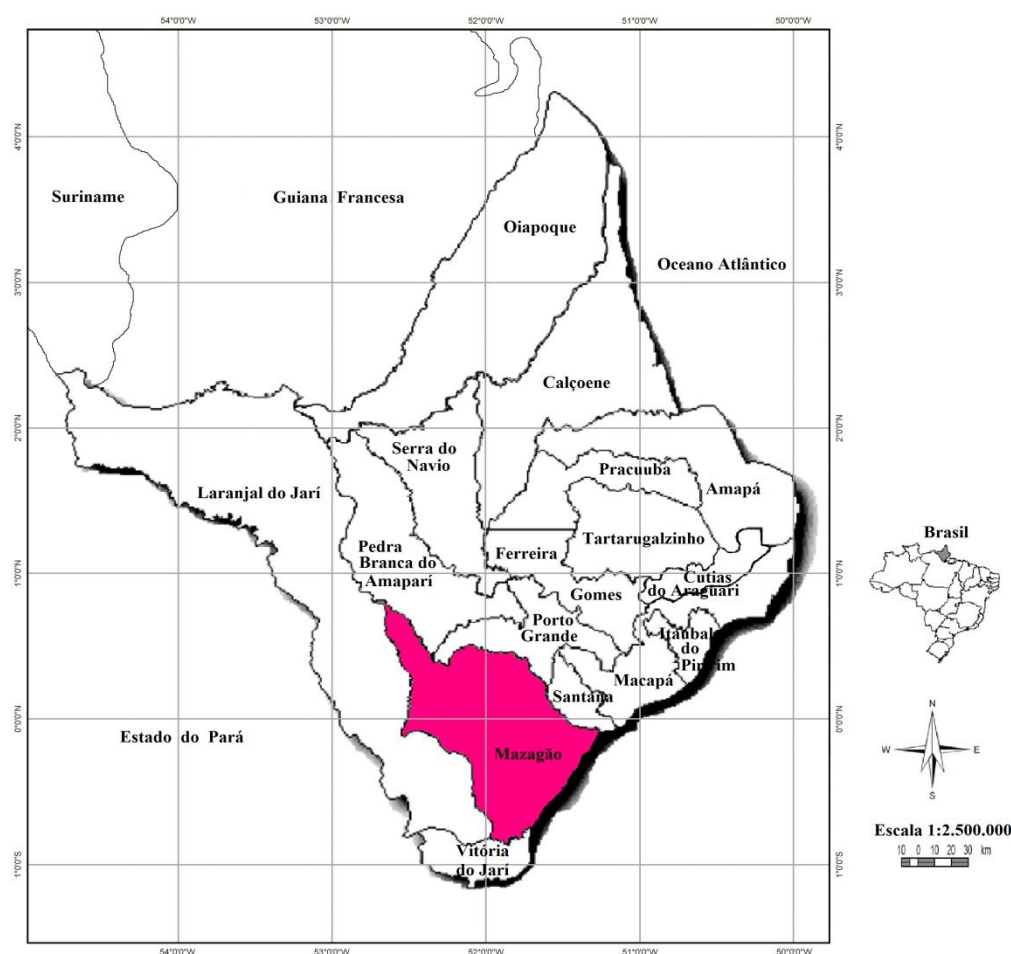


Figura 1. Localização do município de Mazagão ao sul do Estado do Amapá, com uma área de 13.131 km², população de 17.032 habitantes e densidade demográfica de 1,3 hab/km². Fonte: IBGE (2010).

De acordo com os resultados da Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, o município de Mazagão teve a maior produção de frutos de açaí do Estado do Amapá, com 463 toneladas em 2011 (IBGE, 2011). Conforme IBGE (2006), mediante censo agropecuário, informa que a agricultura familiar neste município possui uma área de 19.608,53 hectares, sendo 9.014,73 hectares destinados à produção, 1.165,29 hectares à conservação das matas e/ou florestas para RL ou APP e 9.428,51 hectares à matas e/ou florestas não destinadas a RL ou APP. Esta última área pode ser conservada ou utilizada de maneira sustentável, pois possui estoques de carbono e podem ser objetos de PSA ou de REDD+.

Segundo o novo Código Florestal Brasileiro, Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, Reserva Legal - RL é área localizada no interior de uma

propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa. Área de Preservação Permanente – APP como a área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Vale ressaltar também que a Lei 11.326 de 24 de julho de 2006 estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar. Para os efeitos desta Lei, considera-se agricultor familiar e

empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos: I - não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais; II - utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; III - tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento; e IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

Açaí (Euterpe oleracea Mart.

Euterpe é um gênero de palmeira tropical nativa encontrada em diversas áreas da região amazônica na América do Sul (KANG et al., 2012). O açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) é uma espécie que tem um fruto de cor roxa agrupadas em cachos (RUFINO et al., 2010). É uma palmeira amplamente difundida e cultivada em regiões da Amazônia. A polpa da fruta tem um elevado consumo para bebidas e na preparação de alimentos.

Uma grande variedade de produtos comercializáveis é produzida a partir desta palmeira, mas os frutos esféricos, que são principalmente colhidos entre julho e dezembro são seu mais importante produto comestível (MARTINS et al., 2008).

O açaí ganhou os mercados de exportação comercial para uso em uma variedade de alimentos e bebidas, favorecido por tendências internacionais de consumo para a saúde, bem estar, novidade e sabores exóticos (PACHECO-PALENCIA et al., 2009). Assim há excelentes oportunidades comerciais para a exportação de polpa, inclusive para os mercados do Hemisfério Norte e vários outros países, na forma de mix ou mistura de açaí e guaraná (YOKOMIZO et al. 2010).

Segundo Ferreira (2006), na região amazônica, o açaí é consumido com farinha de mandioca, associado ao peixe, camarão ou carne. Tem grande importância socioeconômica nos Estados do Pará e do Amapá, pois constitui uma das principais fontes alimentares das populações ribeirinhas e das

cidades (YOKOMIZO et al., 2012). Além disso, constitui uma das espécies mais representativas da floresta de várzea no Estado do Amapá (IEPA, 2008).

A coleta de frutos de açaí assumiu importância na economia extrativista, obtendo renda e ocupação para as populações ribeirinhas. Além disso, a atividade pode ser desenvolvida com baixo impacto na diversidade florestal desde que siga orientações simples de planos de manejo (QUEIROZ, 2004).

Estoque de carbono em área de várzea

Devido a ausência de estudos sobre estoque de carbono em área de várzea no Estado do Amapá, especificamente floresta de várzea, foi considerado como estimativa de estoque de carbono (EC) o valor de 134,30 tC/ha. Valor este obtido no trabalho realizado por Santos et al. (2004) para a estimativa da biomassa seca acima do solo e estoque de carbono de sistemas agroflorestais (SAF) nas várzeas do rio Juba, comunidade da Ilha do Juba, Cametá, Estado do Pará. Um dos estados da Amazônia brasileira e vizinho do Estado do Amapá.

Tal consideração levou em conta que as florestas de várzea na região estuarina do Estado do Amapá são dominadas por palmeiras, destacando-se o açaí (*Euterpe oleracea Mart.*). Esta espécie é considerada mais importante no município de Mazagão, cuja composição florística de suas florestas de várzeas comparada a outras florestas de várzeas da Amazônia apresenta similaridade de ocorrência de 55% das espécies (CARIM et al., 2008).

O trabalho realizado por Santos et al. (2004) utilizou o método indireto. No método indireto ou não destrutivo as estimativas são produzidas a partir de dados de inventários florestais que têm a finalidade de planejar a exploração e o manejo florestal (HIGUCHI et al., 1998).

Fluxo de caixa

Foi considerado o fluxo de custos e receitas em um horizonte de tempo de 12 anos e também o preço médio da terra para o Estado do Amapá que foi obtido do Anuário da Agricultura Brasileira (AGRIANUAL, 2007).

Os dados obtidos para a formação do fluxo de caixa do sistema cultivo e extração de açaí para produção de frutos em áreas de várzeas foram baseados do trabalho realizado por Ferreira (2006).

Para atualizar os valores na mesma linha do tempo, utilizou-se o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas (FGV). O IGP-DI é um dos indicadores de variações de preços adotados na economia nacional e registra a inflação de preços desde matérias-primas agrícolas e industriais até bens e serviços finais.

A partir do referido fluxo de caixa foi possível extrair a produção média de frutos,

que ficou em 5,09 t/ha. Os preços considerados foram corrigidos para julho de 2013, época da simulação, pelo IGP-DI utilizando os índices de correção igual a 1,4994 para os custos de produção e receitas e 1,53 para o preço médio da terra no Estado do Amapá.

A Tabela-1 apresenta o preço médio da terra, os coeficientes técnicos, os custos de produção, assim como as receitas para o cultivo e extração de açaí para produção de frutos em área de várzea. Os coeficientes técnicos foram estimados até o sétimo ano, quando a produção deverá se manter estável até o fim do período de doze anos.

Tabela 1. Preço médio da terra, coeficientes técnicos, custos de produção e receitas estimados por hectare para o cultivo e extração de açaí na produção de frutos em área de várzea (d/h = dias/homem). Cesta ou rasa de arumã é uma medida local que consiste em duas latas de 20 L, aproximadamente 28 Kg. Fonte: Adaptado de Ferreira (2006).

Especificação	Unid.	Preço (R\$)	Quantidade por ano						
			1	2	3	4	5	6	7
Custos									
Preparo da área	d/h	17,99	30	0	0	0	0	0	0
Marcação	d/h	17,99	1	0	0	0	0	0	0
Abertura de covas	d/h	17,99	5	0	0	0	0	0	0
Plantio	d/h	17,99	1	0	0	0	0	0	0
Roçagem	d/h	17,99	24	24	16	16	8	8	8
Coroamento	d/h	17,99	6	6	0	0	0	0	0
Desbaste	d/h	17,99	0	1	1	1	1	1	1
Colheita	rasa	4,50	0	0	0	72	108	191	302
Piquetes	mil	14,99	0,4	0	0	0	0	0	0
Mudas	uma	0,75	420	0	0	0	0	0	0
Rasas de arumã	uma	3,75	0	0	0	5	7	12	19
Receitas									
Produção	rasa (28 Kg)	17,99	0	0	0	72	108	191	302
Preço médio da terra	R\$/ha		192,78						

Avaliação Econômica

Para realizar a avaliação econômica, os seguintes indicadores financeiros foram utilizados:

Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido (VPL) é o conceito econômico de lucro a partir de um fluxo de benefícios e custos ao longo do tempo (TAMUBULA; SINDE, 2000). Um VPL positivo (VPL>0) indica que a taxa de retorno esperada do projeto é superior à taxa de desconto, atendendo a taxa de retorno exigida e, portanto, economicamente viável

(ROBERTSON et al., 2004). O VPL pode ser representado pela equação:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

Sendo que: R_j = receitas do período j ; C_j = custos no período j ; i = taxa de desconto;

j = período de ocorrência de R_j e C_j ; n = duração do período em anos ou em número de períodos de tempo.

Valor Anual Equivalente (VAE)

O VPL, em termos de lucro, pode ser convertido em um valor anual equivalente

(VAE) (BRYAN et al., 2010). O VAE pode ser representado pela equação:

$$VAE = VPL \left(\frac{i((1+i)^n)}{(1+i)^n - 1} \right) \quad (2)$$

Sendo que; VPL = Valor presente líquido; n = duração do período em anos; i = taxa de desconto.

Razão Benefício/Custo (B/C)

Este indicador é calculado pela divisão do valor presente dos benefícios pelo valor presente dos custos. Se o valor presente dos custos ultrapassarem o valor presente dos benefícios, a relação B/C será menor que a unidade, ($B/C < 1$), indicando que o projeto não é viável (ROBERTSON et al., 2004). Assim, o projeto será considerado viável economicamente, se apresentar o valor da relação maior que a unidade, ($B/C > 1$), sendo tanto mais viável quanto maior for esse valor (SANGUINO et al., 2007). A razão B/C pode ser representada pela seguinte equação:

$$B / C = \frac{\sum_{j=0}^n R_j \left(\frac{1}{(1+i)^j} \right)}{\sum_{j=0}^n C_j \left(\frac{1}{(1+i)^j} \right)} \quad (3)$$

Sendo que R_j = receita no final do ano j ; C_j = custo no final do ano j ; i = taxa de desconto; n = duração do período em anos.

Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR pode ser considerada como a taxa de juros que anula o VPL de um fluxo de caixa. Representa a eficiência marginal do capital e corresponde, em última análise, à taxa de lucratividade esperada dos projetos de investimento. Portanto, quanto maior for a TIR mais desejável será o investimento (DOSSA et al., 2000). A TIR deve tornar a seguinte igualdade verdadeira:

$$\sum_{j=0}^n R_j \left(\frac{1}{(1+TIR)^j} \right) = \sum_{j=0}^n C_j \left(\frac{1}{(1+TIR)^j} \right) \quad (4)$$

Sendo que: TIR = Taxa interna de retorno; as demais variáveis já foram definidas anteriormente.

Estes indicadores foram utilizados em vários trabalhos de avaliação econômica ambiental (VALDETARO et al. 2011; TAVARES et al. 2011; HOMMA, 2010; ALVARADO et al. 2008; SILVA et al. 2007; BENTES-GAMA et al. 2005; ROBERTSON et al., 2004; BALMFORD, et al., 2002).

Simulação

Para as simulações foi utilizado um modelo no *software* @RISK versão 5.5/2010 para planilha Microsoft Excel 2010 da Palisade Corporation em que os custos e receitas do sistema de uso da terra analisado foram as variáveis de entrada e os indicadores financeiros VPL, VAE, TIR e B/C as variáveis de saída. Estas foram obtidas a partir do lucro líquido do sistema analisado para um horizonte de tempo de 12 anos. Nos referidos indicadores financeiros foram aplicadas as taxas de desconto de 6%, 8% e 10% ao ano, representando o cenário otimista, mais provável e pessimista, respectivamente.

A distribuição de probabilidade escolhida para as variáveis de entrada foi a triangular. A justificativa desta escolha está detalhada no trabalho realizado por Tamubula e Sindén (2000) e Wu e Tsang (2004). A variação para as respectivas variáveis foi de -10% e +10% que é a variação utilizada como padrão pelo *software* @RISK 5.5.1/2010 (PALISADE CORPORATION, 2010).

O número de iterações para o modelo foi fixado em 10.000 para cada simulação, como proposto por Bentes-Gama et al. (2005), com nível de confiança de 95%, e o gerador de números randômicos utilizado foi o Mersenne Twister (MT) proposto em Mazzoti (2009).

3. Resultados e discussões

A partir dos resultados gerados pelo *software* @RISK para as variáveis de saída representadas pelos indicadores financeiros TIR, VPL, VAE e B/C foi possível elaborar as distribuições de probabilidade de ocorrência para os referidos indicadores (Tabela-2).

Tabela 2. Estatísticas das variáveis de saída para o sistema de cultivo e extração de açaí para produção de frutos em área de várzea.

		VPL (R\$/ha)				VAE (R\$/ha/ano)			B/C		
Estatísticas	TIR(%)	Taxa de Desconto			Taxa de Desconto			Taxa de Desconto			
		6%	8%	10%	6%	8%	10%	6%	8%	10%	
1	Mínimo	32,01	9.810,96	7.991,21	6.493,22	1.170,22	1.060,39	952,97	1,83	1,76	1,70
2	Máximo	42,23	15.196,28	12.610,03	10.484,92	1.812,57	1.673,29	1.538,80	2,42	2,32	2,23
3	Média	37,68	12.566,55	10.366,86	8.552,43	1.498,90	1.375,63	1.255,18	2,12	2,05	1,97
4	Desv.Pad.	1,66	1.005,76	859,39	737,82	119,96	114,04	108,29	0,10	0,10	0,09
5	Moda	37,63	12.541,76	10.346,39	8.742,60	1.495,94	1.372,91	1.283,09	2,15	2,07	1,99
6	Coef.Var.	0,044	0,080	0,083	0,086	0,080	0,083	0,086	0,047	0,049	0,046
Percentis											
7	10%	35,44	11.208,64	9.206,66	7.556,07	1.336,93	1.221,68	911,60	1,99	1,92	1,85
8	20%	36,19	11.654,62	9.588,67	7.883,53	1.390,13	1.272,37	954,09	2,04	1,96	1,89
9	30%	36,80	12.024,40	9.903,78	8.156,12	1.434,24	1.314,18	986,74	2,07	1,99	1,92
10	40%	37,29	12.318,36	10.155,28	8.369,23	1.469,30	1.347,55	1.013,76	2,10	2,02	1,94
11	50%	37,74	12.578,63	10.375,80	8.561,40	1.500,34	1.376,82	1.039,77	2,12	2,05	1,97
12	60%	38,16	12.834,60	10.596,49	8.750,18	1.530,87	1.406,10	1.065,71	2,15	2,07	1,99
13	70%	38,61	13.117,85	10.837,57	8.957,77	1.564,66	1.438,09	1.093,19	2,18	2,10	2,02
14	80%	39,13	13.458,06	11.127,82	9.205,46	1.605,24	1.476,61	1.125,16	2,21	2,13	2,05
15	90%	39,86	13.914,78	11.517,90	9.539,74	1.659,71	1.528,37	1.166,27	2,26	2,17	2,09
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

A estatística dos resultados retornou um conjunto de parâmetros, formado pelo valor mínimo e máximo, média, moda, desvio padrão, coeficiente de variação e os percentis. Os percentis identificam a probabilidade de atingir um resultado específico ou valor associado com qualquer nível de probabilidade. Assim, o p -ésimo percentil tem $p\%$ dos valores abaixo daquele ponto e $(100 - p)\%$ dos valores acima.

O nível de risco está relacionado com a dispersão (espalhamento) da distribuição e as probabilidades dos resultados possíveis. A medida de quão amplamente disperso são os valores em uma distribuição é feita pelo desvio padrão (PALISADE CORPORATION, 2010).

O uso do coeficiente de variação se fez necessário, pois este coeficiente mede com maior precisão as variações de risco e de retorno de uma amostra. Portanto, quanto menor o coeficiente de variação menor será o risco (GIMENES; FAMÁ, 2003). Este coeficiente é comumente encontrado em ensaios agrícolas de campo e é classificado em baixo, quando menor do que 10%; médio, quando no intervalo entre 10% e 20%; alto, quando no intervalo de 20% a 30% e muito

alto, quando maior do que 30% (LANA et al. 2006).

Pelos resultados apresentados na Tabela-2 é possível verificar que a TIR em todos os percentis assume valores maiores que as taxas de 6%, 8% e 10% a.a. representativas dos cenários analisados, o que caracteriza que este sistema é bastante viável. A viabilidade também se confirma nos valores positivos assumidos pelo VPL e VAE em todos os cenários e percentis analisados.

A razão B/C, nos referidos cenários, também apresenta valores maiores que a unidade ($B/C > 1$), condição para viabilidade econômica, em todos os percentis. Também se verifica que para alguns cenários a razão B/C tem seu valor duplicado em relação à unidade, por exemplo, no percentil 60%, para a taxa de desconto 8 % a.a., assume valor igual a 2,07 (linha 12, coluna 10) da Tabela-2. Isto significa dizer que para cada R\$ 1,00 investido há um retorno de R\$ 1,07, o que denota uma excelente rentabilidade.

Quanto ao coeficiente de variação, este apresentou valores abaixo de 10% em todos os indicadores financeiros analisados. Por exemplo, o VPL, para cenários de 6%, 8% e

10% a.a., o coeficiente de variação apresentou os valores 8,0% (linha 6, coluna 3), 8,3% (linha 6, coluna 4) e 8,6% (linha 6, coluna 5) da Tabela-2, respectivamente.

Portanto, desta análise, é possível concluir que o sistema de cultivo e extração de açaí para produção de frutos em área de várzea é viável economicamente, tem excelente rentabilidade e baixo nível de risco.

A estimativa do lucro anual ou VAE apresentada na Tabela-2 representa o valor anual estimado por hectare necessário para cobrir o custo de oportunidade do sistema de cultivo e extração de açaí para produção de frutos em área de várzea no caso de uma possível negociação no mercado de créditos de carbono (Figura-2).

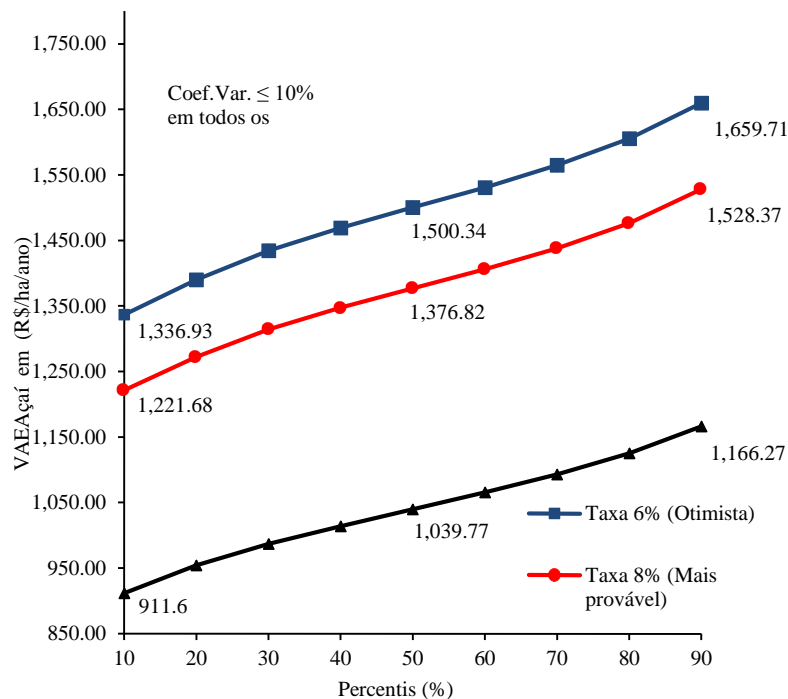


Figura 2. Lucro anual estimado por hectare às taxas de 6%, 8% e 10% a.a. considerando o sistema de cultivo e extração de açaí para produção de frutos em área de várzea.

Verifica-se pelo gráfico da Figura-2 que a taxa de desconto influencia no valor estimado para o lucro anual. E quanto maior for a taxa de desconto menor o valor estimado. No entanto, mesmo para o cenário pessimista o referido lucro por hectare tem a probabilidade de 10% de chances de ser menor ou igual a R\$ 911,60 e 90% de chances de ser menor ou igual a R\$ 1.166,27, o que é ainda considerado um bom resultado.

Para estimar o valor da compensação foi necessário converter o estoque de carbono estimado para a área de várzea, 134,30 tC/ha, em toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e), sendo esta a unidade usada no mercado de créditos de carbono. Desta forma, multiplicou-se o total de carbono estocado por 3,667, o que corresponde à razão entre o peso molecular do

CO₂ (44) e o peso do carbono (12), conforme estabelecido pelo IPCC (VALDETARO et al. 2011).

O Protocolo de Quioto instituiu o mercado de carbono como um mecanismo para redução das emissões de gases de efeito estufa. No entanto, este mercado também existe fora do contexto de Quioto denominado mercado voluntário. Este mercado não tem muitas regras preestabelecidas, é menos burocrático e possui custos de transação muito menores que no Protocolo de Quioto, sendo interessante para projetos de menor escala que seriam inviáveis sob Quioto. As negociações são guiadas pelas regras comuns de mercado, podendo ser efetuadas em bolsas, por meio de intermediários ou diretamente entre as partes interessadas.

Os créditos de carbono no mercado voluntário são denominados Reduções Verificadas de Emissão (VERs - Verified Emission Reductions), os quais representam uma tonelada de dióxido de carbono (CO_2) reduzida ou deixada de ser emitida. Podem ser gerados em qualquer lugar do mundo e são auditados por uma entidade independente do sistema das Nações Unidas.

Segundo o Ecosystem Marketplace (2013) em seu relatório anual "Estado dos Mercados Voluntários de Carbono", a média de preço paga pelas compensações no mercado voluntário como um todo em 2012 foi de US\$ 5,9/t CO_2e . Considerando este valor médio para cada unidade de crédito de carbono no mercado voluntário e a cotação média do dólar

no Brasil para o mês de julho de 2013 em R\$ 2,25, o valor de venda para cada unidade de crédito de carbono ficou em R\$ 13,27/t CO_2e .

Com estes dados, utilizando o *software* @Risk, foi possível estimar nos cenários analisados, o lucro anual por hectare gerado por uma possível venda de créditos de carbono no mercado voluntário, originados de matas e/ou florestas não destinadas à APP ou RL utilizadas pela agricultura e empreendimentos familiares no município de Mazagão. Neste caso, considera-se que as florestas de várzea são abundantes de palmeiras, destacando-se o açaí. Para esta estimativa não foi levado em consideração os custos de transação, somente o custo com o preço médio da terra no Estado do Amapá (Figura-3).

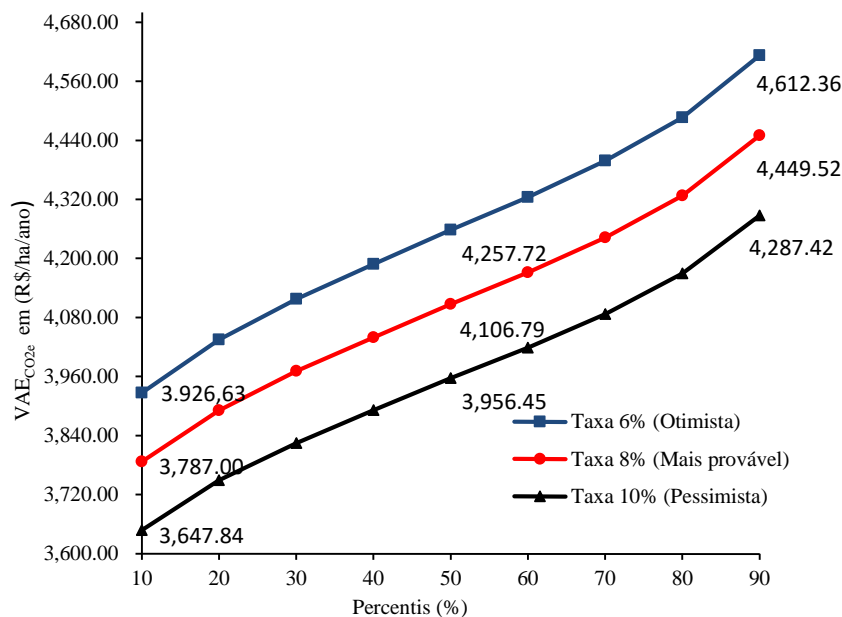


Figura 3. Lucro anual estimado por hectare às taxas de 6%, 8% e 10% a.a. por uma possível venda de créditos de carbono no mercado voluntário. Não são considerados os custos de transação, apenas o custo do preço médio da terra no Estado do Amapá.

Observa-se pelo gráfico da Figura-3 que os lucros, em todos os cenários analisados, são muito maiores quando comparados aos lucros apresentados no gráfico da Figura-2. Isto denota que a compensação por créditos de carbono no mercado voluntário poder ser considerada vantajosa para a região em questão, mesmo com a inclusão dos custos de transação que, como afirmado antes, não foram incluídos nas estimativas. Pode-se verificar esta

afirmativa pela avaliação do cenário pessimista que considera a taxa de desconto igual a 10%. Neste cenário há probabilidade de lucro com créditos de carbono de 10% de chances de ser menor ou igual R\$ 3.647,84 e de 90% de chances de ser menor ou igual a R\$ 4.287,42.

4. Conclusões

Esta investigação analisou a viabilidade econômica e a compensação do custo de

oportunidade através da análise de risco com modelagem no *software* @RISK utilizando Simulação de Monte Carlo (SMC) para o sistema de cultivo e extração de açaí na produção de frutos em área de várzea e compensação por créditos de carbono no mercado voluntário de emissões.

A modelagem com o *software* @Risk utilizando SMC demonstrou a probabilidade de ocorrência de cada resultado e o efeito da incerteza nos indicadores financeiros avaliados considerando as possíveis variações econômicas de mercado em um horizonte de tempo de 12 anos.

O lucro anual estimado com a compensação por créditos de carbono foi muito maior que do que o estimado no cultivo e extração de açaí para produção de frutos em área de várzea em todos os cenários analisados (taxas de mercados de 6%, 8% e 10% a.a.).

Contudo, na presente investigação considerou-se apenas um único sistema de uso da terra. Naturalmente que são desenvolvidas outras atividades agropecuárias e/ou agroflorestais, sendo o ideal para o cálculo da compensação a união dos custos de oportunidade de todas estas outras atividades.

Uma importante observação da análise seria em relação ao tamanho da área para determinado projeto envolvendo créditos de carbono. Isso porque, dependendo da quantidade de tCO₂e objeto da transação, a área exigida para o projeto poderia ser maior que quatro módulos fiscais, que é área máxima permitida para a categoria agricultura familiar. No caso do município de Mazagão um módulo fiscal equivale a 70 hectares. Desta forma, uma solução seria a alternativa de formação de cooperativas ou associações de pequenos agricultores, a fim de considerar a área do grupo e não apenas as áreas individuais. Deste modo, este procedimento facilitaria a inclusão de pequenos produtores neste mercado, inclusive aqueles que possuem área menor que quatro módulos fiscais.

Concluiu-se que o sistema de cultivo e extração de açaí para produção de frutos em área de várzea foi considerado viável economicamente, com excelente rentabilidade e baixo nível de risco. Isto denota que, não

sendo possível a compensação por créditos de carbono, mas sim outros incentivos econômicos, o referido sistema através do manejo florestal sustentável poderia elevar o nível de produção de frutos que atualmente é exclusivamente extrativista. Consequentemente os rendimentos da pequena propriedade familiar na respectiva região de estudo também seria otimizados.

5. Referências Bibliográficas

- ALMANSA, C.; MARTÍNEZ-PAZ, J. M. What weight should be assigned to future environmental impacts? A probabilistic cost benefit analysis using recent advances on discounting, *Sci Total Environ* (2011) doi:10.1016/j.scitotenv.2010.12.004.
- ALVARADO, J.R., VEIGA, J.B., SANTANA, A.C. Valoração Econômica de Sistemas de Uso-da-terra mediante Valor Presente Líquido (VPL), no distrito de José Crespo e Castilho, Perú. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, vol. 16, n. 3, 167-176, 2008.
- ANDERSON, E. W.; GHYSELS, E.; JUERGENS, J. L. The impact of risk and uncertainty on expected returns. *Journal of Financial Economics* 94, 233–263, 2009.
- ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA (AGRIANUAL). Consultoria e Informações em Agronegócio, Instituto FNP: Agra FNP, São Paulo, 2007.
- BALMFORD, A., BRUNER, A., COOPER, P., COSTANZA, R., FARBER, S., GREEN, R.E., JENKINS, M., JEFFERISS, P., JESSAMY, V., MADDEN, J., MUNRO, K., MYERS, N., NAEEM, S., PAAVOLA, J., RAYMENT, M., ROSENDO, S., ROUGHGARDEN, J., TRUMPER, K., TURNER, R.K. *Economic Reasons for Conserving Wild Nature*. *Science* (2002), vol. 297, 950-953, doi: 10.1126/science.1073947.
- BENTES-GAMA, M.M., SILVA, M.L., VILCAHUAMÁN, L.J., LOCATELLI, M. Análise Econômica de Sistemas Agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho D'oeste- RO. *Sociedade de Investigações Florestais*. R. Árvore, Viçosa, MG, v.29, n.3, 401-411, 2005.
- BRASIL. Lei no 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm (Acessado em 07/08/2012).
- BRASIL. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o novo Código Florestal. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm (Acessado em 10/08/2012).
- BRYAN, B. A.; KING, D.; WANG, E. Potential of woody biomass production for motivating widespread

- natural resource management under climate change. *Land Use Policy* 27, 713–725, 2010.
- CARIM, M. J. V.; JARDIM, M. A. C.; MEDEIROS, T. D. S. Composição Florística e Estrutura de Floresta de Várzea no Município de Mazagão, Estado do Amapá, Brasil. *Scientia Forestalis*. Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 191–201, 2008.
- CORBERA, E., SCHROEDER, H., Governing and implementing REDD+, *Environ. Sci. Policy* (2010), doi:10.1016/j.envsci.2010.11.002.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260, 1997.
- DIAS, T. C. A. C. Unidades de conservação brasileiras: investimentos, custos de manejo e potencialidades econômicas. 2013. 106 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Amapá/PPGBIO/UNIFAP, Macapá, 2013.
- DOSSA, D., CONTO, A.J., RODIGHIERI, H., HOEFELICH, V.A. Aplicativo com análise de rentabilidade para sistemas de produção de florestas cultivadas e de grãos. Embrapa Florestas, Documentos 39. 56f. ISSN 1517-536-X. Colombo (PR), Brasil, 2000.
- ECOSYSTEM MARKETPLACE. Maneuvering the Mosaic. State of the Voluntary Carbon Markets 2013. 126f. Washington, June 2013.
- FERREIRA, C. A. P. Sistema de Produção do Açaí. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA: Embrapa Amazônia Oriental. 4-2a Edição, ISSN 1809-4325, ver Eletrônica, 2006. Disponível em http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHT/ML/Acai/SistemaProducaoAcai_2ed/index.htm (Acessado em 13/06/2010).
- FISHER, B., TURNER, R.K., MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68, 529–560, 2009.
- GIMENES, C.M.; FAMÁ, R. A Correlação entre o risco país e índice de bolsa da América Latina: Um estudo exploratório. *Caderno de pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 39-50, 2003.
- GRAMMATIKOPOULOU, I.; POUTA, E.; SALMIOVIRTA, M. A locally designed payment scheme for agricultural landscape services. *Land Use Policy* 32, 175–185, 2013.
- GROOM, B.; PALMER, C. REDD+ and rural livelihoods. *Biological Conservation* 154, 42–52, 2012.
- HECKEN, G. V., BASTIAENSEN, J. Payments for ecosystem services: justified or not? A political view. *Environmental Science & Policy* 13, 785–792, 2010.
- HELM, D.; PEARCE, D. Assessment: Economic Policy Towards the Environment Dieter. *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 6, no. 1, 1990.
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica* 28(2), 153–166, 1998.
- HILDEBRANDT, P.; KNOKE, T. Investment decisions under uncertainty — A methodological review on forest science studies. *Forest Policy and Economics* 13, 1–15, 2011.
- HOMMA, A.K.O. Extrativismo, Manejo e Conservação dos Recursos Naturais na Amazônia. In: *Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática*/Peter H. May (org.). 2.ed., Elsevier, RJ, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE: Censo Agropecuário. Agricultura familiar – Primeiros resultados. ISSN 0103-615, p.1–267, Rio de Janeiro, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE: Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS). ISSN 0103-8435, vol. 26, p.1–55, Rio de Janeiro, 2011.
- INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ - IEPA. Macro diagnóstico do Estado do Amapá: Primeira aproximação do ZEE/Equipe Técnica do ZEE - AP. 3a.ed. rev. Ampl., 142f. Macapá-AP, 2008.
- KANDULU, J. M.; BRYAN, B. A.; KING, D.; CONNOR, J. D. Mitigating economic risk from climate variability in rain-fed agriculture through enterprise mix diversification. *Ecological Economics* 79, 105–112, 2012.
- KANG, J.; THAKALI, K. M.; XIE, C.; KONDO, M.; TONG, Y.; OU, B.; JESSEN, G.; MEDINA, M. B.; SCHAUSS, A. G.; WUA, X. Bioactivities of açaí (*Euterpe precatoria* Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to *Euterpe oleracea* Mart. *Food Chemistry* 133, 671–677, 2012.
- KOSOY, N., MARTINEZ-TUNAA, M.; MURADIAN, R.; MARTINEZ-ALIER, J. Payments for environmental services in watersheds: Insights: from a comparative study of three cases in Central America. *Ecological Economics* 61, 446–455, 2007.
- LANA, A.M.Q., NETO, J.S., ALMEIDA, F.Q., REZENDE, A.S.C., PRATES, R.C. Classificação de coeficientes de variação na experimentação com nutrição de equinos. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.58, n.5, 854–859, 2006.
- LARSON, A.M., Forest tenure reform in the age of climate change: Lessons for REDD+. *Global Environ. Change* (2010), doi:10.1016/j.gloenvcha.2010.11.008.
- LENNOX, G. D.; GASTON, K. J.; ACS, S.; DALLIMER, M.; HANLEY, N.; ARMSWORTH, P. R. Conservation when landowners have bargaining power: Continuous conservation investments and cost uncertainty. *Ecological Economics* 93, 69–78, 2013.
- LIU, S.; COSTANZA, R.; FARBER, S.; TROY, A. Valuing ecosystem services: Theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis. *Annals of The New York Academy of Sciences*. 1185: 54–78, 2010.
- LOEHMAN, E. T. Voluntary Cost-Sharing for Environmental Risk Reduction: A Pollution Abatement Case Study. *Group DecisNegot* 18, 349–368, 2009.

- MARTINS, M. A.; PESSOA, J. D. C.; GONÇALVES, P. S.; SOUZA, F. I.; MATTOSO, L. H. C. Thermal and mechanical properties of the açafiber/natural rubber composites. *J Mater Sci* 43, 6531–6538, doi: 10.1007/s10853-008-2842-4, 2008.
- MAYRAND, K.; PAQUIN, M. Payments for Environmental Services: A Survey and Assessment of Current Schemes. By Unisféra International Center. Montreal, 2004.
- MAZZOTI, B.F. Co-projeto de Hardware/Software do Filtro de Partículas para Localização em Tempo Real de Robôs Móveis. 2009. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação e Matemática Computacional). USP – São Carlos. São Paulo, nov., 2009.
- MOTTA, R. S. Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais. IPEA/MMA/PNUD/CNPq. Rio de Janeiro, 1997.
- NEPSTAD, D., SOARES-FILHO, B., MERRY, F., MOUTINHO, P., RODRIGUES, H.O., BOWMAN, M., CHWARTZMAN, S., ALMEIDA, O., RIVERO, S. Custos e benefícios da redução das emissões de carbono do Desmatamento e da Degradação (REDD) na Amazônia Brasileira. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia – IPAM, 32f, 2008.
- NEVES, D. G.; CUNHA, A. C.; DE SOUZA, E. B.; BARRETO, N. J. C. Modelagem climática regional durante dois anos de extremos de precipitação sobre o Estado do Amapá: Teste de sensibilidade aos esquemas convectivos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.26, n.4, p. 569 - 578, 2011.
- PACHECO-PALENCIA, L. A.; DUNCAN, C. E.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and thermal stability of two commercial acai species, *Euterpeolera* and *Euterpeprecatoria*. *Food Chemistry* 115, 1199–1205, 2009.
- PALISADE CORPORATION. Manual do Usuário @RISK Versão 5.5. Add-In do Microsoft Excel para Simulação e Análise de Riscos, 2010.
- PARKER, C.; MITCHELL, A.; TRIVEDI, M.; MARDAS, N. The Little REDD Book. Global Canopy Foundation. First Published, November 2008.
- PATÉ-CORNELL, M. E. Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment. *Reliability Engineering and System Safety* 54, 95–111, 1996.
- PELTONIEMI, M.; PALOSUO, T. MONNI, S. MAKIPAA, R. Factors affecting the uncertainty of sinks and stocks of carbon in Finnish forests soils and vegetation. *Forest Ecology and Management* 232, 75–85, 2006.
- PESKETT, L.; HUBERMAN, D.; BOWEN-JONES, E.; EDWARDS, G.; BROWN, J. Making REDD work for the poor. on behalf of the Poverty and Environment Partnership (PEP) Draft 2: May 2008.
- PHELPS, J.; FRIESS, D. A.; WEBB, E. L. Win-win REDD+ approaches belie carbon-biodiversity trade-offs. *Biological Conservation* 154, 53–60, 2012.
- POKORNY, B.; SCHOLZ, I.; JONG, W. REDD+ for the poor or the poor for REDD+? About the limitations of environmental policies in the Amazon and the potential of achieving environmental goals through pro-poor policies. *Ecology and Society* 18(2): 3. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05458-180203>, 2013.
- QUEIROZ, J. A. L. Fitossociologia e Distribuição Diamétrica em Floresta de Várzea do Estuário do Rio Amazonas no Estado do Amapá. 2004. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.
- REFSGAARD, J. C.; VAND DER SLUIJS, J. P.; HØJBERG, A. L.; VANROLLEGHEM, P. A. Uncertainty in the environmental modelling process e A framework and guidance. *Environmental Modelling & Software* 22, 1543–1556, 2007.
- ROBERTSON, K., LOZA-BALBUENA, I., FORD-ROBERTSON, J. Monitoring and economic factors affecting the economic viability of afforestation for carbon sequestration projects. *Environmental Science & Policy* 7, 465–475, 2004.
- ROSS, J. G. Risk and uncertainty in portfolio characterization. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 44, 41– 53, 2004.
- RUFINO, M. S. M.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; ARRANZ, S.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; OLIVEIRA, M. S. P.; SAURA-CALIXTO, F. Açai (*Euterpeolera*) ‘BRS Pará’: A tropical fruit source of antioxidant dietary fiber and high antioxidant capacity oil, *Food Research International* (2010) doi:10.1016/j.foodres.2010.09.011.
- SANGUINO, A.C., SANTANA, A.C., HOMMA, A.K.O., BARROS, P.L.C., KATO, O.K., AMIN, M.M.G. Análise Econômica de Investimentos em Sistemas de Produção Agroflorestal no Estado do Pará. *Rev. ciênc. agrár.*, Belém, PA, n. 47, 23–47, 2007.
- SANTOS, S. R. M.; MIRANDA, I. S.; TOURINHO, M. M. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. *Acta Amazônica*, vol. 34(1), p. 1-8, 2004.
- SIKOR, T., J. STAHL, T. ENTERS, J.C.RIBOT, N. SINGH, W.D. SUNDERLIN AND L. WOLLENBERG. REDD-plus, forest people’s rights and nested climate governance. *Global Environmental Change* 20 : 423–425, 2010.
- SILVA, C. B.; VALE, S. M. L.; PINTO, F. A. C.; MULLER, C. A. S.; MOURA, A. D. The economic feasibility of precision agriculture in Mato Grosso do Sul State, Brazil: a case study. *Precision Agric* 8, 255–265 (2007). DOI 10.1007/s11119-007-9040-2.
- SILVA, W. C. Viabilidade econômica do pagamento por serviços ambientais no Estado do Amapá utilizando análise de risco. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Amapá/PPGDAPP/UNIFAP, Macapá, 2011.
- SOMMERVILLE, M. M.; JONES, J. P. G.; MILNER-GULLAND, E. J. A revised conceptual framework for payments for environmental services. *Ecology and Society* 14(2): 34. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art34/>, 2009.
- SOUZA, R. M. D. Externalidades. Trabalho apresentado na Disciplina de Políticas de Economia e Gestão - Mestrado em Economia e Política da Energia e

do Ambiente, 23f. Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Economia e Gestão, 2000.

TAMUBULA, I.; SINDEN, J. A. Sustainability and economic efficiency of agroforestry systems in Embu District, Kenya: An application of environmental modeling. *Environmental Modelling & Software* 15, 13–21, 2000.

TAVARES, B. S.; JÚNIOR, C. F. B.; CORRÊA, M. M.; LIMA, J. R. S.; NETO, J. D. Análise de risco e otimização de recursos hídricos e retorno financeiro em nível de fazenda. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.338–346, 2011.

THOMPSON, M. C.; BARUAH, M.; CARR, E. R. Seeing REDD+ as a project of environmental governance. *Environ. Sci. Policy* (2010), doi:10.1016/j.envsci.2010.11.006

VALDETARO, E. B.; SILVA, F. L.; RIBEIRO, S. C.; JACOVINE, L. A. G. Contribuição dos Créditos de Carbono na Viabilidade Econômica dos Contratos de Fomento Florestal no Sul da Bahia. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.35, n.6, p.1307-1317, 2011.

VOIVODIC, M.; GOMES, R.; MOREIRA, P. et al. 'Developing Safeguards for REDD-Plus: The Importance of a Collaborative Approach', in C. Foley (ed.), *Everything is Connected: Climate and Biodiversity in a Fragile World*, Brasília: British Embassy, 2010.

WU, F.C.; TSANG, Y.P. Second-order Monte Carlo uncertainty/variability analysis using correlated model parameters: application to salmonid embryo survival risk assessment. *Ecological Modelling* 177, 393–414, 2004.

WUNDER, S. The Efficiency of Payments for Environmental Services in Tropical Conservation. *Conservation Biology* Vol. 21, no. 1, 48–58, 2007.

WUNDER, S.; BORNER, J.; TITO, M. R.; PEREIRA, L. Pagamentos por serviços ambientais: Perspectivas para a Amazônia Legal. 136f. Série Estudos, 10. Brasília: MMA, 2008

YOKOMIZO, G. K. Y.; QUEIROZ, J. A. L.; CAVALCANTE, E. S.; PINHEIRO, I. N.; SILVA, P. A. R.; MOCHIUTTI, S. Caracterização Fenotípica e Genotípica de Progenies de *Euterpe Oleracea* coletados no Afuá-Pará nas condições do Amapá. *Cerne*, Lavras, v. 18, n. 2, p. 205-213, abr./jun. 2012.

YOKOMIZO, G. K. Y.; QUEIROZ, J. A. L.; MOCHIUTTI, S.; PINHEIRO, I. N.; SILVA, P. A. R. Desempenho de progênies de açaizeiros avaliadas para caracteres agrônômicos no Estado do Amapá. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 367-376, 2010.